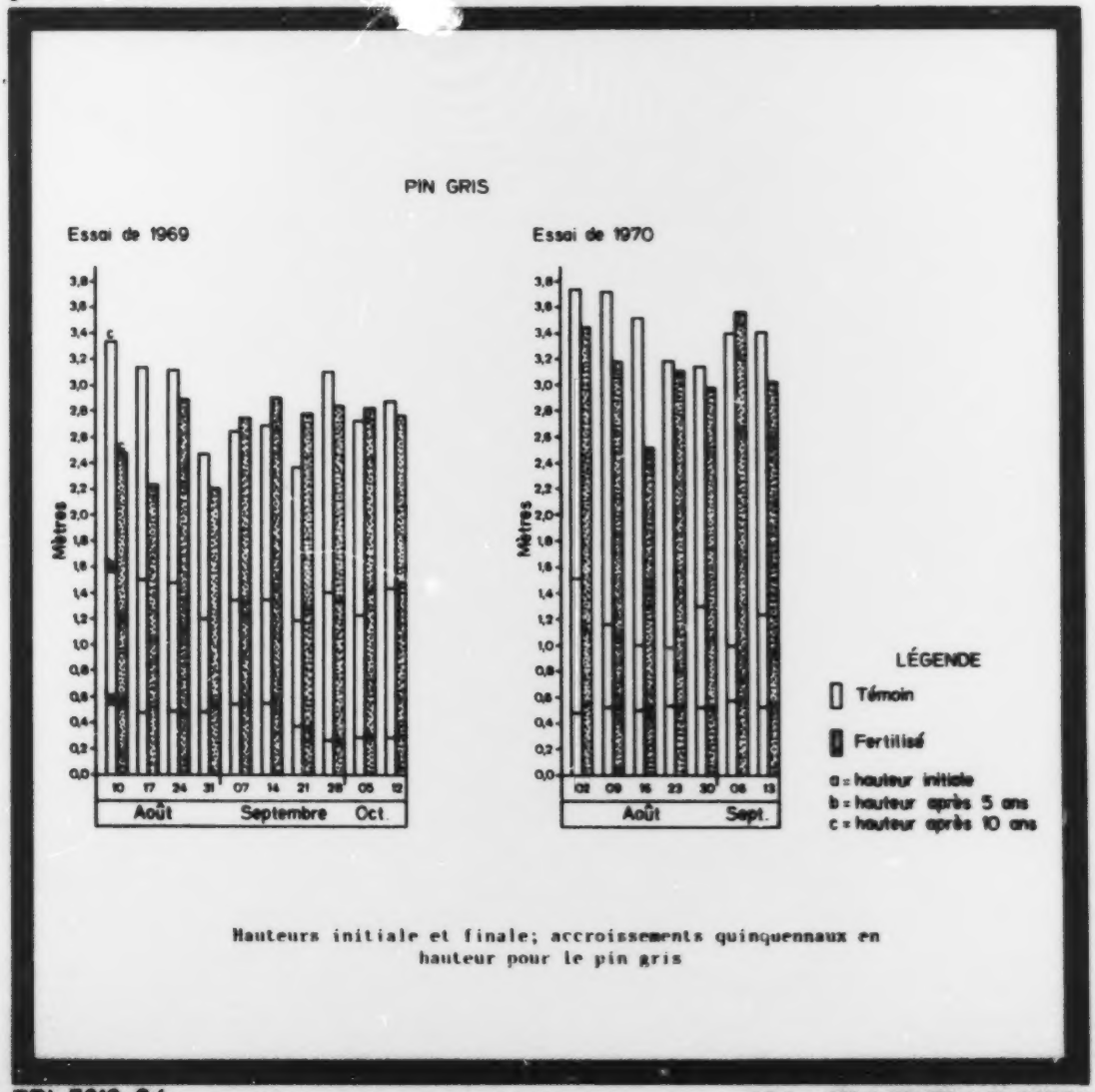
Québec

Mémoire de recherche forestière n° 84

TAUX DE SURVIE ET ACCROISSEMENTS EN HAUTEUR OBTENUS APRÈS DIX ANS À LA SUITE D'ESSAIS DE REBOISEMENT D'AUTOMNE

par Jean-Marc VEILLEUX



Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour le pin gris

ERI-5310-84

C.D.C. 682.2:232.323.4 (047.2)(714)
L.C. SD 405

85-3307/

JEAN-MARC VEILLEUX est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1965 et maître ès sciences forestières de la même institution depuis 1975. En 1965, il entrait à la division des sols de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique du ministère des Terres et Forêts du Québec et, en 1967, il passait au Service de la recherche, à titre de chargé de recherches en fertilité des sols et reboisement.

TAUX DE SURVIE ET ACCROISSEMENT EN HAUTEUR OBTENUS APRÈS DIX ANS À LA SUITE D'ESSAIS DE REBOISEMENT D'AUTOMNE

par

JEAN-MARC VEILLEUX

avec la collaboration technique de

YVON LÉVESQUE

MÉMOIRE N° 84

SERVICE DE LA RECHERCHE
(TERRES ET FORÊTS)
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES

1983

Ce texte constitue un rapport partiel du projet de recherche Fo 68-1

ISBN 2-550-10282-7

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

Tous droits réservés - Gouvernement du Québec

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M. Carol La Barre, ing.f., maintenant au Service de l'aide à la forêt privée du ministère de l'Energie et des Ressources, pour son étroite participation à ce projet de 1969 à 1972, alors qu'il assurait la continuité des travaux.

Nos remerciements s'adressent aussi au personnel de la région administrative du Bas-Saint-Laurent - Gaspésie, principalement ceux de l'unité de gestion Chic-Chocs et des pépinières de Sainte-Luce et de New-Carlisle, pour leur contribution à la bonne marche de ce projet.

Enfin, nous sommes particulièrement redevables au personnel du Service de la recherche forestière: au Dr Yvon Richard, ing.f., pour les traitements statistiques des données; à M. Raymond Castonguay, pour la préparation des figures, et aux sécrétaires, pour la dactylographie des textes.

RÉSUMÉ

Des plants à racines nues d'épinette blanche, d'épinette de Norvège, de pin rouge et de pin gris ont été plantés par intervalles d'une semaine au cours de la période comprise entre l'aoûtement et les premières neiges. Des engrais phosphatés et potassiques ont été appliqués afin de favoriser l'établissement de ces plantations.

Il ressort de cet essai de reboisement d'automne les conclusions suivantes:

1- La plantation conventionnelle de plants à racines nues est possible à l'automne pour l'épinette blanche et l'épinette de Norvège tandis que celle du pin rouge et du pin gris n'est préférable qu'au printemps.

2- Il est évident que les plantations conventionnelles d'automne avec les épinettes sont inférieures au point de vue de la survie et des accroissements en hauteur lorsqu'on les compare à celles du printemps. Les diminutions se font sentir à mesure que la date de plantation a été tardive; toutefois, pour la période de l'automne, les différences d'accroissement tendent à disparaître 10 ans après la plantation.

3- Des conditions physiologiques favorables des plants aux moments de l'extraction en pépinière et de leur plantation favorisent la reprise des essences. Plus la période de temps entre l'extraction et la plantation est courte, plus l'établissement des plants en est favorisé.

4- Les taux de survie et de croissance dépendent des conditions de climat et d'humidité du sol qui prévalent lors des périodes d'établissement de la plantation et de la capacité de l'espèce à résister aux conditions extrêmement variables du climat à l'automne.

5- Les applications d'engrais phosphaté et potassique n'ont pas favorisé la survie et les accroissements en hauteur des plants fertilisés. Au contraire, des cas de brûlures au niveau des racines ont été observés et ils seraient dus à une mauvaise répartition de l'engrais autour du pied de la tige.

ABSTRACT

Bare-root seedlings of white spruce, Norway spruce, red pine and jack pine were planted at one-week intervals during the period from lignification to the first snows. Phosphorus and potassium fertilizers were applied to help the establishment of these plantations.

Results of this fall reforestation experiment lead to the following conclusions:

1- Conventional planting of bare-root seedlings is possible in the fall for white spruce and Norway spruce while, for red pine and jack pine, spring planting is preferable.

2- It is evident that conventional fall planting of spruces is inferior in regards to survival and height increment when compared to spring planting. The deficits are greater as plantation date is later in the season; however, these differences tend to disappear 10 years after planting.

3- Good physiological state of the seedlings when removed from the nursery and transplanted helps their restart. The shorter the period between extracting and planting, the better it is for seedling reestablishment.

4- Survival and growth rates depend on climatic and soil humidity conditions prevaling during planting periods and also on the species capacity to resist the extremely variable climatic conditions in the fall.

5- Applying phosphorus and potassium fertilizers has not helped survival and height increments of the fertilized seedlings. On the contrary, blighting has been observed on the roots and could be due to a poor distribution of the fertilizer around the base of the stems.

TABLE DES MATIÈRES

	page
REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - DESCRIPTION DES MILIEUX	3
CHAPITRE II - MÉTHODES EXPÉRIMENTALES	5
2.1 Préparation du sol	5
2.2 Choix des essences	5
2.3 Préparation et conservation des plants	6
2.4 Plantation et dispositif expérimental	6
2.5 Fertilisation	6
2.6 Durée des essais	7
2.7 Données météorologiques	7
2.8 Traitements statistiques	7
CHAPITRE III - RÉSULTATS	9
3.1 Épinette blanche	9
3.1.1 Taux de survie	9
3.1.2 Croissance en hauteur	11
3.2 Épinette de Norvège	12
3.2.1 Taux de survie	12
3.2.2 Croissance en hauteur	12

page

3.3 Pin rouge 13

3.3.1 Taux de survie 13
3.3.2 Croissance en hauteur 14

3.4 Pin gris 14

3.4.1 Taux de survie 14
3.4.2 Croissance en hauteur 15

DISCUSSIONS ET CONCLUSION 17

BIBLIOGRAPHIE 23

ANNEXE I. Tableaux 25

ANNEXE II. Figures 31

LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Taux de survie (p. 100), accroissement total en hauteur (m) et hauteur totale (m) obtenus après 10 ans à la suite des essais de reboisement d'automne de 1968	27
Tableau 2	Résultats des analyses de variance obtenus à partir des données sur les accroissements en hauteur et les taux de survie, selon les essences et les années d'essais	28
Tableau 3	Données météorologiques hebdomadaires compilées à partir des données journalières enregistrées aux stations de Cap-Seize en 1969 et de Grand-Pabos en 1970	29

LISTE DES FIGURES

page

Figure 1 Taux moyens de survie (p. 100) obtenus après 10 ans, pour l'épinette blanche et l'épinette de Norvège 33

Figure 2 Taux moyens de survie (p. 100) obtenus après 10 ans, pour le pin rouge et le pin gris 34

Figure 3 Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour l'épinette blanche 35

Figure 4 Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour l'épinette de Norvège 36

Figure 5 Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour le pin rouge 37

Figure 6 Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour le pin gris 38

INTRODUCTION

Au Québec, même si le reboisement d'automne est pratiqué depuis des décennies, les quantités de plants à racines nues implantés sur les terres publiques à cette période de l'année, n'ont représenté que douze pour cent des reboisements annuels du Ministère au cours des dix dernières années (Lamarre, 1981). L'impopularité du reboisement d'automne s'expliquerait par les faibles taux de survie obtenus auparavant, particulièrement avec les pins: depuis 1975-76 d'ailleurs, seules les épinettes sont utilisées à l'automne.

En 1968, le Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts (aujourd'hui ministère de l'Énergie et des Ressources) entreprenait des essais de reboisement d'automne avec fertilisation pour les quatre essences les plus utilisées à ce moment-là.

Les buts du projet consistaient: 1- à étudier les taux de survie et la croissance de plants à racines nues mis en terre au cours de la période comprise entre l'aoûtement et les premières neiges; 2- à vérifier si la fertilisation avec les engrais phosphatés et potassiques pouvait favoriser l'établissement de ces plantations; et enfin, 3- à évaluer les relations possibles entre les facteurs climatiques et l'établissement de ces plantations.

Le présent rapport fait ressortir les résultats obtenus après dix ans, à la suite des trois années d'essais (1968-1969-1970), pour la survie et la croissance en hauteur.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DES MILIEUX

Les essais ont été effectués dans les régions de la Gaspésie qui offrent d'immenses territoires à reboiser. En 1968 et 1969, les plantations ont été réalisées dans le canton de Tourelle, circonscription électorale de Matane tandis qu'en 1970, le dispositif expérimental était établi dans la Seigneurie de Grand Pabos, circonscription électorale de Gaspé. Le choix de deux régions devait permettre de comparer des effets climatiques différents sur le comportement des plants.

Les sols sont des moraines d'origine schisteuse, assez bien drainées, sur lesquelles se développe un podzol humo-ferrique; la texture est une glaise sableuse.

Ces travaux étant contigus à ceux du projet de reboisement continu dont le rapport a déjà été présenté (Veilleux, 1979), on trouvera la description complète des stations dans cet autre rapport.

Rappelons toutefois que, selon la classification forestière de Rowe (1972), le canton de Tourelle se situe dans la section B.2 (Gaspésie) de la région forestière Boréale tandis que la Seigneurie de Grand-Pabos se retrouve à la limite est de la section L.6

(Témiscouata-Restigouche) de la région forestière des Grands-Lacs et du Saint-Laurent. Dans la première région, c'est l'association de la sapinière à bouleau blanc qui domine tandis qu'on se trouve dans la zone de la sapinière à bouleau jaune à Grand-Pabos.

Au moment des plantations, la végétation existante, qui faisait suite à des feux d'il y a une dizaine d'années, formait un gaulis clairsemé d'essences pionnières telles que le peuplier faux-tremble, le bouleau blanc et le cerisier de Pennsylvanie.

CHAPITRE II

MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

2.1 PRÉPARATION DU SOL

Dans les brûlis, les coupes de récupération avaient été effectuées mais il a quand même fallu procéder à un léger scarifiage à l'aide d'un tracteur à chenilles afin d'éliminer la compétition de la végétation existante et de briser les souches déjà en voie de pourrissement.

2.2 CHOIX DES ESSENCES

Le choix des essences a été décidé non seulement en raison de leurs performances antérieures mais aussi en fonction de leur popularité au moment des essais. L'âge des plants repiqués (2-2) était identique à celui des plants normalement produits pour le reboisement par les pépinières du Ministère. Le seul critère de sélection des plants utilisés concernait leur hauteur qui devait varier entre 15 et 25 cm, selon la classification alors en vigueur. Les essences utilisées sont:

-l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss),
-l'épinette de Norvège (*Picea abies* (L.) Karst.),

-le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.),
-le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.).

2.3 PRÉPARATION ET CONSERVATION DES PLANTS

Pour une même année d'essais, les plants utilisés pour une essence donnée étaient de la même provenance et croissaient dans le même bloc de la pépinière. Chaque semaine, les quantités requises de plants étaient extraites de la pépinière puis emballées de la manière usuelle. Par la suite, les plants étaient transportés jusqu'au site de reboisement où ils étaient mis en jauge humide et ombragée jusqu'au moment d'être plantés.

2.4 PLANTATION ET DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La plantation s'est effectuée à la pelle avec un espacement de 1,8 mètre, selon la méthode avec fente. Afin de réduire les variations dans la qualité de la plantation, c'est la même équipe de planteurs qui effectuait le travail au cours d'une même année.

Pendant les essais, chaque semaine et pour chacune des quatre essences utilisées, un total de six placettes d'échantillonnage de 0,04 ha (121 plants par placette) a été établi à raison de trois placettes par traitement (témoin et fertilisé), pour fins d'études sur les taux de survie et de croissance, les hauteurs initiales étant mesurées au moment de la plantation. Ainsi, chaque semaine, 24 placettes d'échantillonnage étaient mises en place selon un dispositif systématique (1968 et 1969) ou du type *split plot design* (en 1970).

2.5 FERTILISATION

Les apports de phosphore et de potassium sous formes d'engrais chimiques ont été préconisés dans le but de faciliter l'enracinement et d'augmenter la résistance des plants aux gelées hâtives. Ainsi, en 1968 et 1969, les doses appliquées ont été de 20 g/plant de chaque engrais, soit le muriate de potassium (KCl, 60,5 p. 100 de K_2O) et le superphosphate triple (46 p. 100 de P_2O_5). En 1970,

ces doses ont été doublées. Les engrais ont été appliqués par pied d'arbre dans une couronne de 15 à 30 cm autour de la tige.

2.6 DURÉE DES ESSAIS

Initialement, la durée de chacun des essais avait été prévue pour 10 semaines, soit à partir de l'août jusqu'aux premières neiges en début d'octobre. Bien que les essais de 1969 et 1970 se soient déroulés tel que prévu, le début des travaux de 1968 a été retardé jusqu'à la mi-septembre pour se terminer très tard à la première semaine de novembre, les trois dernières semaines ayant été réalisées à travers une épaisse couche de neige. La durée des essais pourrait se résumer ainsi:

-1968: 8 semaines, du 14 septembre au 3 novembre;
-1969: 10 semaines, du 10 août au 12 octobre;
-1970: 10 semaines, du 2 août au 5 octobre.

2.7 DONNÉES MÉTÉROLOGIQUES

Afin de vérifier les effets possibles du climat sur le succès des plantations, les observations météorologiques journalières des lieux mêmes ou d'une station située très près du site de reboisement ont été obtenues. Ces données concernaient les températures minimale et maximale, les précipitations et le vent. En 1970, la station étant plus complète, les renseignements supplémentaires obtenus concernent l'humidité de l'air et l'évaporation.

2.8 TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les résultats hebdomadaires moyens obtenus après 10 ans sur les taux de survie et l'accroissement en hauteur, pour les 10 semaines d'essais, ont été soumis séparément à des analyses de variances, pour chaque traitement, chaque essence et chaque année. Les données de 1968 sont exclues parce que les dates ne coïncident pas.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour les taux de survie et les accroissements en hauteur au cours des essais de 1968 sont présentés au tableau 1, tandis que les données sur les essais de 1969 et 1970 sont exprimées dans les figures 1 à 6 inclusivement.

Lors des essais de 1968, il a été noté que la mise en jauge de longue durée favorisait l'enracinement des semis enjaugés par paquet et un rougissement des aiguilles dû à l'échauffement par le tassement des paquets de plants. Il a été impossible d'évaluer l'impact que ces phénomènes ont pu exercer sur le succès des plantations de 1968. Toutefois, les bris causés aux racines lors de l'extraction de la jauge pourraient diminuer la capacité d'enracinement des jeunes semis et, par le fait même, leurs chances de reprise tout en favorisant l'entrée des maladies et des insectes.

3.1 EPINETTE BLANCHE

3.1.1 Taux de survie

Les taux de survie obtenus après 10 ans à la suite des essais de 1968, semblent peu intéressants (tableau 1). La méthode

utilisée ainsi que la date tardive à laquelle la plantation a débuté seraient les principales causes de ces pauvres résultats. Le taux de survie satisfaisant de 70 p. 100 n'a été atteint qu'au cours des deux premières semaines d'essais avec les plants témoins. En moyenne les taux de survie ont été de 34,7 et 27,7 p. 100 pour les témoins et les fertilisés respectivement: ces plantations sont considérées comme des échecs. Au cours des dernières semaines de plantation, plus de 15 cm de neige recouvraient le sol.

Pour les essais de 1969, le pourcentage de réussite après dix ans est satisfaisant avec des taux moyens de survie atteignant 74,3 et 78,2 p. 100 respectivement pour les plants témoins et les plants fertilisés (figure 1). Pour les semaines entre le 16 août et le 13 septembre néanmoins, le taux de survie n'a guère dépassé le cap du 70 p. 100, surtout pour les plants témoins; toutefois, ces différences entre les semaines ne sont pas significatives sur le plan statistique (tableau 2).

Dix ans après les essais de 1970, le taux moyen de survie est de 69,9 p. 100 pour les témoins à comparer à 38,3 p. 100 pour les plants fertilisés (figure 1) et ces différences sont significatives (tableau 3). La fertilisation au moment de la plantation semble nuire à l'établissement des jeunes plants, ce qui se traduit par une mortalité plus élevée. Il est bon de noter ici que la dose des engrais appliqués en 1970 avait été doublée par rapport à 1969.

Pour l'année d'essais de 1970, les différences sont significatives entre les taux de survie obtenus selon les semaines de plantation (tableau 2). La forte mortalité des plants mis en terre au cours de la première semaine (2 août) a certes été influencée par la période de sécheresse qui prévalait depuis juillet. D'ailleurs, au cours de cette même semaine, la quantité d'eau évaporée dans le bac évaporatoire a été de 45 mm (tableau 3) et c'est la plus forte évaporation mesurée au cours de la saison estivale de 1970 (Veilleux, 1979). Il est toutefois difficile voire même impossible de relier la mortalité des plants fertilisés pour les autres semaines d'essais, aux conditions climatologiques, parce que les plants témoins mis

en terre au cours de la même période démontrent un taux de survie supérieur à 81 p. 100, du 9 août au 4 octobre; l'effet des engrais semble avoir été néfaste pour la survie.

Aux deux endroits, la mortalité a été relativement faible entre 5 et 10 ans après la plantation. Ceci indique que les taux de survie étaient stabilisés après 5 ans et que cette période est satisfaisante pour que les plants aient eu le temps de récupérer après le choc de la plantation.

3.1.2 Croissance en hauteur

Les traitements de fertilisation n'ont pas augmenté la croissance par rapport aux témoins. D'ailleurs, les analyses de variance pour 1969 et 1970 ne font ressortir aucune différence significative (tableau 2). Cependant, les accroissements en hauteur de l'épinette blanche ont doublé au cours de la période de 6 à 10 ans après la plantation en comparaison avec celle des cinq premières années après la plantation; ainsi, le premier accroissement quinquennal en hauteur, qui était d'environ 0,40 à 0,50 mètre, s'est élevé entre 0,99 et 1,10 mètre de la sixième à la dixième année. Il y a peu de différence entre les trois années d'essais sauf que les plants de 1969 ont poussé moins rapidement; l'accroissement décennal moyen des essais de 1968, 1969 et 1970 a été respectivement de 1,55, 1,43 et 1,57 mètre, en combinant témoins et fertilisés, puisque les différences ne sont pas significatives entre les traitements (tableau 1; figure 3).

L'analyse de variance fait ressortir des différences significatives entre les dates de plantation pour les accroissements quinquennaux en hauteur des essais de 1969 (tableau 2). Des différences existent pour les essais de 1970, mais elles sont moins grandes et non significatives. Ainsi, l'effet de la date de plantation se ferait sentir sur la croissance en hauteur puisque les accroissements semblent plus faibles à mesure que la plantation a été tardive dans la saison. L'histogramme de la figure 3, représentant les essais de 1969 pour l'épinette blanche, fait ressortir ces différences; elles sont moins visibles pour les essais de 1970.

3.2 EPINETTE DE NORVÈGE

3.2.1 Taux de survie

À l'instar des taux de survie obtenus avec l'épinette blanche, ceux de l'épinette de Norvège, à la suite des essais de 1968, semblent peu intéressants avec des taux moyens de 46,4 et 40,1 p. 100 respectivement pour les plants témoins et les plants fertilisés (tableau 1).

Pour les essais de 1969, le pourcentage de réussite semble très intéressant après 10 ans avec des taux moyens de survie atteignant les 88,6 et 87,7 p. 100 (témoins et fertilisés). Pour les dix semaines d'essais, la survie obtenue varie de 82 à 93,6 p. 100, ce qui est excellent (figure 1). Les analyses statistiques du tableau 2 ne montrent aucune différence significative entre les deux traitements: toutefois les valeurs hebdomadaires obtenues auraient des variations significatives entre elles.

Les données récoltées après 10 ans, pour les essais de 1970, montrent que les taux de survie obtenus pour les plants témoins diffèrent de façon significative de ceux des plants fertilisés, avec des taux moyens respectifs de 84,0 et 68,5 p. 100; les courbes de la figure 1 font très bien ressortir ces différences. Comme pour l'épinette blanche, les additions d'engrais phosphorés et potassiques à des doses qui étaient doublées par rapport à 1969, auraient nuit à l'établissement des jeunes plants.

Pour les essais de 1969 et 1970, la mortalité a été relativement faible au cours de la période de 5 à 10 ans après la plantation, ce qui indique une certaine stabilisation après 5 ans et que la plantation était alors bien établie.

3.2.2 Croissance en hauteur

Le modèle de développement en hauteur de l'épinette de Norvège est sensiblement le même que celui de l'épinette blanche.

Ainsi, les analyses de variance (tableau 2) ne font ressortir aucune différence significative entre les traitements, pour les croissances quinquennales de 0 à 5 ans et de 6 à 10 ans après la plantation. Tels qu'exprimés à la figure 4, les accroissements en hauteur pour la période de 6 à 10 ans après la plantation ont presque triplé par rapport à ceux des cinq premières années; ces accroissements quinquennaux sont passés de 0,41 et 0,38 mètre à 1,08 et 1,22 mètre. De plus, ces accroissements en hauteur au cours de la période décennale sont légèrement supérieurs à ceux de l'épinette blanche pour la même durée.

L'effet de la date de plantation sur la croissance en hauteur n'est pas perceptible, contrairement à ce qui a été observé pour l'épinette blanche, sauf peut-être pour les données de 0-5 ans dans les plantations de 1969 (tableau 2).

3.3 PIN ROUGE

3.3.1 Taux de survie

Après dix ans, les taux moyens de survie obtenus pour le pin rouge, au cours des trois années d'essais, sont presque tous inférieurs à 50 p. 100 (tableau 1 et figure 2). Les différences ne sont pas significatives entre les taux de survie des plants témoins et des plants fertilisés, à l'exception de ceux de l'année 1970; les analyses de variance font alors ressortir un effet néfaste de l'application des engrais à l'automne 1970 (tableau 2). Pour l'ensemble des essais, les taux de survie obtenus dans les plantations de pin rouge sont insuffisants et l'utilisation de cette essence dans les reboisements d'automne représente un gros risque d'échec. Sauf pour les plants témoins de 1970, peu de moyennes hebdomadaires montrent un taux de survie satisfaisant et supérieur à 70 p. 100 après 10 ans; ainsi les taux moyens de survie, relevés respectivement pour les plants témoins et les plants traités, sont: en 1968, 43,9 et 46,9 p. 100; en 1969, 35,0 et 33,4 p. 100 et en 1970, 59,6 et 38,2 p. 100 (tableau 2). Les graphiques de la figure 2 démontrent bien les différences significatives entre les données hebdomadaires pour 1969 et pour 1970.

3.3.2 Croissance en hauteur

Les accroissements en hauteur du pin rouge, pour les périodes quinquennales 0-5 ans et 6-10 ans, ne diffèrent pas sur le plan statistique entre les plants témoins et les plants fertilisés (tableau 2). Comme pour les épinettes, ces accroissements ont plus que doublé au cours de la deuxième période quinquennale, comparativement à ceux de la période 0-5 ans. Par exemple, pour les plantations de 1969, le pin rouge s'est accrû en moyenne de 0,42 mètre dans les cinq premières années suivant la mise en terre et de 1,06 mètre au cours des cinq années suivantes. Les données moyennes correspondantes pour les plantations de 1970 sont de 0,53 et 1,49 mètre (figure 5). Ainsi, dans la baie des Chaleurs (Grand Pabos), les plants se sont accrus plus rapidement qu'à Tourelle, ce qui réflète un climat plus favorable. Les analyses de variance montrent des différences significatives entre les accroissements moyens des semaines d'essais de 1970 et ce, pour les cinq premières années de plantations (0-5 ans). Ces différences, qui sont disparues après 10 ans, pourraient être attribuées à l'effet de la date de plantation sur la croissance en hauteur, qui serait ressenti dans les premières années de croissance de la plantation et qui tendrait à diminuer avec l'âge de la plantation.

3.4 PIN GRIS

3.4.1 Taux de survie

Pour les trois années d'essais et ce, après dix ans, moins de 20 p. 100 des plants de pin gris ont survécu; les taux de survie varient entre 2,7 et 15,8 p. 100 (tableau 1 et figure 2). Ces plantations sont vouées à l'échec et le pin gris est une essence non recommandable pour les reboisements d'automne dans ces régions. A l'instar des autres essences utilisées dans ce projet, les analyses de variance font ressortir des différences significatives entre les traitements en 1970 (tableau 2). Dans ce dernier cas, c'est encore l'effet néfaste des engrais appliqués au moment de la plantation qui aurait nuit à l'établissemeut des jeunes plants de pin gris.

3.4.2 Croissance en hauteur

Les analyses de variance font ressortir des différences significatives entre les accroissements en hauteur des cinq premières années après la plantation selon les semaines d'essais et les traitements en 1969 (tableau 2). Ces différences, qui peuvent être observées à la figure 6, seraient attribuables à l'effet de la date de plantation sur la croissance en hauteur. Toutefois, dans le cas du pin gris, l'interprétation des données d'accroissement est rendue difficile à cause d'un nombre restreint d'échantillons dû aux fortes mortalités observées chez cette essence: ainsi, la précision de ces analyses est diminuée par comparaison à celle des épinettes où le succès des plantations a été de beaucoup meilleur.

Malgré tout, les accroissements en hauteur au cours de la période décennale sont les plus élevés parmi les quatre essences expérimentées dans ce projet et elles varient de 1,94 à 2,79 mètres. En 1969 et 1970, même si les différences d'accroissement ne sont pas significatives sur le plan statistique, l'accroissement décennal moyen en hauteur des plants fertilisés serait inférieur à celui des plants témoins. Ainsi, pour les essais de 1969, les témoins se sont accrus de 2,33 m et les fertilisés de 1,94 m tandis que pour les essais de 1970, les témoins s'accroissaient de 2,48 m, comparativement aux plants fertilisés avec 2,22 m. Le peu d'arbres échantillonnés pourrait fausser l'interprétation, surtout en 1970.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce rapport présente les résultats obtenus au cours d'essais de reboisement d'automne avec des plants à racines nues extraits directement de la pépinière par intervalle d'une semaine, à partir de la première semaine d'août jusqu'aux premières neiges d'octobre. Des essais de fertilisation avec des engrais à base de phosphore et de potassium ont été tentés afin de favoriser l'établissement des jeunes plants.

Le succès de ces plantations a été mesuré en combinant les taux de survie et les accroissements en hauteur obtenus dix ans après la plantation. Afin de réduire les effets de certains facteurs d'opération qui influencent directement le succès d'une plantation et d'attribuer les résultats obtenus aux traitements en cause, il a été décidé: que le site choisi soit assez uniforme et de bonne qualité et qu'il soit scarifié; que les plants d'une même essence soient de la même provenance, croissent dans le même bloc de la pépinière et soient du même âge et de mêmes dimensions; que la même équipe de planteurs soit affectée à la plantation de tous les plants au cours d'une même année d'essai. Toutefois, l'humidité du sol des sites de plantation est un facteur incontrôlable qui pourrait expliquer la performance des plantations.

Les résultats obtenus au cours des essais de 1968 démontrent que les taux de survie sont insatisfaisants pour les quatre essences utilisées. La date tardive à laquelle les travaux ont débuté et les problèmes occasionnés par la mise en jauge des paquets de

plants pour toute la durée de l'expérience ont certes diminué les performances de ces plantations.

Par contre, les succès obtenus dans les essais de 1969 et 1970 avec l'épinette blanche et l'épinette de Norvège non fertilisées, confirment la possibilité de planter ces essences à l'automne. Avec des taux moyens de survie supérieurs à 75 p. 100 après 10 ans, ces rendements se comparent avantageusement à ceux obtenus par Ackerman et Johnson (1962), Burgar et Lyon (1968), Mullin (1968), Gagnon *et al.* (1971) et McClain (1981) qui ont expérimenté l'épinette blanche, l'épinette de Norvège ou l'épinette noire. Tous ces auteurs concluent que les taux de survie obtenues pour les épinettes lors des reboisements d'automne sont inférieurs aux taux obtenus au printemps. La comparaison de nos résultats avec ceux d'essais de reboisements continus effectués sur les mêmes sites au cours des mêmes années (Veilleux, 1979) confirment les dires de ces auteurs.

Les performances du pin rouge et du pin gris en plantation d'automne sont peu enviables. D'ailleurs, Mullin (1968) déclare, à la suite d'essais avec les pins rouge et blanc, qu'il est préférable de ne planter les pins qu'au printemps. Dans nos essais, après 10 ans, le pin rouge montre un taux moyen de survie qui n'a guère dépassé 50 p. 100, ce qui est bien inférieur aux résultats de Mullin (1968). Les performances du pin gris planté à l'automne sont encore moins comparables, avec des taux moyens de survie variant entre 5,2 et 14,1 p. 100; elles sont bien inférieures aux résultats présentés par Bunting et Mullin (1967). La mauvaise qualité des plants utilisées dans nos essais pourrait expliquer largement cet échec.

Même si les raisons qui expliqueraient la variabilité et les performances moindres sur le plan de la survie ne sont pas encore bien définies, il semble, d'après Sutton (1979) ainsi que Burgar et Lyon (1968), que ces réactions soient normales pour des reboisements effectués à l'automne compte tenu de l'incapacité de certaines espèces à résister aux effets directs de conditions extrêmement variables de climat qui prévalent juste avant les mois d'hiver. Ces auteurs

ajoutent que ces réactions sont étroitement liées à la période de plantation de même qu'à l'état physiologique des semis au moment de leur extraction et de leur plantation. Bunting et Mullin (1967) confirment l'importance première de l'état des plants sur leur performance en plantation, surtout qu'ils n'ont pu établir de relation entre les facteurs climatologiques comme la précipitation, l'humidité du sol et la température, et les performances du pin gris.

L'accroissement décennal en hauteur de chacune des quatre essences a varié en fonction de l'année d'essais. Pour toutes les essences, l'année 1970 semble avoir été la plus favorable pour la croissance, à cause des températures plus élevées et de l'apparition des gelées à une date plus tardive. Les précipitations des mois d'août, septembre et octobre ont été toutes aussi abondantes et fréquentes en 1969 qu'en 1970. Ackerman et Johnson (1961) affirment que l'effet de la date de plantation sur la croissance varie d'une année à l'autre en fonction des conditions de climat et d'humidité du sol qui prévalent pendant la période d'établissement de la plantation. Pendant les 10 ans qu'ont duré nos essais, les épinettes se sont accrues en moyenne de 1,50 mètre en hauteur et le pin rouge a crû de 2,00 mètres pour les essais de 1970; quant au pin gris, il a fait en moyenne 2,50 mètres pendant ce temps, réalisant la meilleur performance pour la croissance en hauteur. Ces accroissements, qui sont équivalents et parfois supérieurs à ceux que mentionnent les auteurs nommés ci-dessus, sont toutefois inférieurs à ceux obtenus pour les mêmes années d'essais lors de reboisements de printemps dont les résultats sont présentés dans Veilleux (1979). D'ailleurs, Burgar et Lyon (1968) mentionnent que les plantations de printemps et d'été s'avèrent supérieures au point de vue du taux de croissance en hauteur, par comparaison avec les plantations d'automne. De plus, les taux de croissance sont affectés par des conditions défavorables de plantation (Bunting et Mullin, 1967).

Les applications d'engrais à base de phosphore et de potassium au taux de 20 g/plant en 1968 et 1969 n'ont produit aucun effet sur la survie et la croissance en hauteur. Par contre, les

doses de 40 g/plant d'engrais appliquées en 1970 ont causé des différences significatives, sur le plan statistique, avec les plants témoins au point de vue des taux de survie pour les quatre essences expérimentées; les accroissements en hauteur n'ont pas été affectés. La mortalité des plants fertilisés pourrait avoir été causée par des brûlures au niveau des racines dues à certains ions nocifs ou à une concentration saline trop élevée, probablement par le chlorure de potassium (KCl) appliqué d'une façon trop localisée autour du plant. Les dangers d'une fertilisation au moment de la plantation ont été évoqués (Anonyme, 1978) et on conclut que la seule fertilisation valable à cette époque est celle à base de phosphore; toutefois, ces résultats ne sont pas tous concluants pour les différents types de sols (Anonyme, 1971).

L'analyse des résultats de ce projet de reboisement d'automne permet de tirer les conclusions suivantes pour les régions étudiées:

1. La plantation conventionnelle de plants à racines nues est possible à l'automne pour l'épinette blanche et l'épinette de Norvège tandis que celle du pin rouge et du pin gris n'est préférable qu'au printemps.

2. Il est évident que les plantations conventionnelles d'automne avec les épinettes sont inférieures au point de vue de la survie et des accroissements en hauteur lorsqu'on les compare à celles du printemps. Les diminutions se font sentir à mesure que la date de plantation a été tardive; toutefois, pour les périodes d'automne, les différences d'accroissement tendent à disparaître 10 ans après la plantation.

3. Le pourcentage de reprise des essences est augmenté par des plants qui possèdent des conditions physiologiques favorables au moment de l'extraction en pépinière et de leur plantation sur le site de reboisement; cet état physiologique doit faciliter la régénération du système radiculaire endommagé par l'extraction. Au cours des saisons, la croissance des racines est la plus active lorsque les

parties aériennes de la plante sont en inactivité. On doit tendre à raccourcir la période de temps entre l'extraction des plants en pépinière et leur plantation sur le site de reboisement tout en conservant un aspect opérationnel faisable lors des reboisements conventionnels.

4. Les taux de survie et de croissance dépendent des conditions de climat et d'humidité du sol qui prévalent lors des périodes d'établissement de la plantation. Plus une espèce est capable de résister aux conditions extrêmement variables du climat à l'automne, meilleures sont ses chances de réussite.

5. Les applications d'engrais phosphoré et potassique n'ont pas favorisé la survie ni les accroissements en hauteur des plants traités. Au contraire, des cas de brûlures au niveau des racines ont été observés et ils seraient dus à une mauvaise répartition des engrais autour du pied de la tige.

BIBLIOGRAPHIE

ACKERMAN, R.F. et H.J. JOHNSON, 1962. *Continuous planting of white spruce throughout the frost-free period.* Canada, Dept. For., Res. Branch, Techn. Note 117, 13 p.

ANONYME, 1978. *Effets de la fertilisation azotés des résineux.* AFOCEL-ARMEF, Informations-Forêt, Fascicule 115; 179-186.

ANONYME, 1971. *Reboisement - Fertilisation.* Ministère de l'Agriculture de France, Centre technique forestier, CERAFER, 25 p.

BUNTING, W.R. et R.E. MULLIN, 1967. *Summer and fall planting of jack-pine in Ontario suffer high mortality and slower height growth after 15 years.* Tree Planters Notes, vol. 18 (1), 2 p.

BURGAR, R.J. et N.F. LYON, 1968. *Survival and growth of stored and unstored white spruce planted through the frost-free period.* Ontario, Dep. Lands and Forests, Res. Branch, Res. Rep. 84, 37 p.

GAGNON, J.-D., S. POPOVICH et A. DEMERS, 1971. *Effet de la date de plantation sur la survie et la croissance de l'épinette de Norvège sur sols sablonneux.* Serv. Can. For., Min. Pêch. et For., Lab. Rech. For. Ste-Foy, Rapp. Inf. Q-F-X-12, 21 p.

LAMARRE, R., 1981. Communication personnelle. Ministère de l'Energie et des Ressources, Service de la restauration forestière, Division du reboisement.

McCLAIN, K.M., 1881, *Effects of continuous planting on black spruce survival and growth: an interim report.* Ontario, Min. Nat. Res., For Res. Note 28, 4 p.

MULLIN, R.E., 1968. *Comparisons between seedlings and transplants in fall and spring plantings.* Ontario, Dept. Lands and forests, Res. Branch, Res. Rep. 85, 40 p.

ROWE, J. S., 1972. *Les régions forestières du Canada.* Min. Env., Serv. Can. For., Publ. n° 1300 F, 172 p.

SUTTON, R. F., 1979. *Planting Stock quality and grading.* Forest Ecol. Management, 2: 123-132.

VEILLEUX, J.-M., 1979. *Taux de survie et accroissement en hauteur obtenus après cinq ans à la suite d'essais de reboisement continu.* Québec, Min. É.& Ress., Serv. rech. for., Mém. n° 58, 59 p.

ANNEXE I: TABLEAUX

Tableau 1

Taux de survie (p. 100), accroissement total en hauteur (m) et hauteur totale (m) obtenus après 10 ans, à la suite des essais de reboisement d'automne 1968

Dates de plantation	Taux de survie (p. 100)		Accr. en hauteur (m) 10 ans		Hauteur totale (m) après 10 ans	
	Témoin	Fertilisé	Témoin	Fertilisé	Témoin	Fertilisé
			ÉPINETTE BLANCHE			
14-09	76,1	69,4	1,79	1,32	1,97	1,46
21-09	74,9	38,3	1,25	1,48	1,43	1,60
28-09	54,0	47,4	1,67	1,83	1,81	1,99
5-10	32,5	34,4	1,80	1,50	1,96	1,64
12-10	17,3	13,8	1,30	1,49	1,64	1,64
19-10	6,1	6,1	1,29	1,49	1,41	1,60
26-10	15,4	12.1	1,54	1,83	1,71	2,00
3-11	1,7	0,0	1,37	-	1,51	-
Moyenne	34,7	27,7	1,56	1,53	1,74	1,67
			ÉPINETTE DE NORVÈGE			
14-09	75,2	58,4	1,42	1,48	1,51	1,72
21-09	78,2	54,0	1,20	1,37	1,42	1,58
28-09	69,2	53,1	1,22	1,27	1,43	1,50
5-10	62,0	55,9	1,63	1,05	1,85	1,26
12-10	31,7	40,8	1,18	1,41	1,38	1,62
19-10	27,8	28.9	1,21	1,66	1,43	1,89
26-10	10,2	19,8	1,01	1,50	1,22	1,72
3-11	17,2	12,1	1,35	1,19	1,59	1,42
Moyenne	46,3	40,1	1,32	1,33	1,51	1,54
			PIN ROUGE			
14-09	33,1	71,3	1,27	1,50	1,48	1,71
21-09	64,7	56,5	1,31	1,40	1,52	1,60
28-09	65,8	46,8	1,69	1,50	1,89	1,69
5-10	72,2	65,0	1,57	1,29	1,79	1,49
12-10	21,7	44,9	1,08	1,06	1,28	1,25
19-10	37,5	37,8	1,37	1,32	1,58	1,52
26-10	30,6	24,8	1,13	1,31	1,33	1,48
3-11	25,4	28,1	1,05	1,28	1,24	1,47
Moyenne	43,9	46,9	1,39	1,35	1,60	1,55
			PIN GRIS			
14-09	14,0	15,7	2,12	3,12	2,34	3,34
21-09	27,0	24,2	2,97	2,44	3,17	2,64
28-09	20,9	12,9	3,09	2,52	3,30	2,71
5-10	13,0	11,8	2,56	2,64	2,77	2,85
12-10	18,4	12,9	2,75	2,92	2,95	3,11
19-10	14,9	8,3	2,99	3,07	3,18	3,24
26-10	2,5	6,6	2,34	2,84	2,53	3,03
3-11	2,0	5,5	3,08	2,29	3,27	2,47
Moyenne	14,1	12,2	2,79	2,72	3,00	2,92

Tableau 2

Résultats des analyses de variance obtenues à partir des données sur la hauteur initiale, les accroissements en hauteur et les taux de survie, selon les essences et les années d'essai

	Accr. 0-5 ans		Accr. 6-10 ans		Taux survie à 5 ans		Taux survie à 10 ans	
	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970
ÉPINETTE BLANCHE								
Répétition	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Traitements	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Semaines	**	ns	**	ns	**	**	**	**
Inter, T x S	**	ns	**	ns	ns	**	ns	**
ÉPINETTE DE NORVÈGE								
Définition	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Traitements	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Semaines	**	ns	ns	ns	**	**	**	**
Inter. T x S	**	ns	**	ns	ns	*	ns	*
PIN ROUGE								
Répétition	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
Traitements	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Semaines	ns	**	ns	ns	**	**	**	**
Inter. T x S	ns	ns	*	ns	*	**	**	**
PIN GRIS								
Répétition	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Traitements	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Semaines	**	ns	ns	ns	**	*	**	**
Inter. T x S	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: Valeur non significative
*: Valeur de *F* significative à P=0,05
**: Valeur de *F* significative à P=0,01

Tableau 3

Données météorologiques hebdomadaires compilées à partir des données journalières enregistrées aux stations de Cap-Seize en 1969 et de Grand-Pabos en 1970

Date, semaine se terminant le:	Températures °C moyennes		maximum abs.		minimum abs.[a]		Précipitation[b] totale (mm)		Evaporation[c] du bac (mm)
	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1970
26 juillet	15,6	18,3	25,0	30,0	5,0	7,2	9	2^4	34
2 août	18,9	22,8	27,8	32,2	13,3	11,1	67^3	0^7	45
9 août	17,8	20,0	23,9	31,1	7,8	5,6	28^3	16^5	29
16 août	17,2	20,0	23,9	32,2	6,7	11,1	28^4	41^5	38
23 août	14,4	16,7	26,1	30,0	3,9	3,9	35^2	10^3	24
30 août	13,3	13,9	21,7	22,2	1,1	5,6	30^5	84^1	18
6 septembre	12,2	10,0	27,8	19,4	1,7	2,2	16^4	93^2	18
13 septembre	8,9	11,7	15,0	20,0	1,1	3,3	63^4	8^3	15
20 septembre	6,7	8,3	21,1	16,7	$-3,8^5$	1,1	26^5	16^4	15
27 septembre	11,7	8,3	20,0	18,3	5,5	0,6	25^4	20^1	8
4 octobre	6,7	8,3	13,9	14,4	$-3,3^2$	$-2,2^2$	18^2	38^1	13
11 octobre	12,0	-	22,2	-	$-1,7^1$	-	2^6	-	-

[a] L'exposant indique le nombre de jours où la température a été < 0°C au cours de la semaine.

[b] L'exposant indique le nombre de jours où aucune précipitation n'a été enregistrée.

[c] Quantité d'eau (mm) évaporée dans un bac évaporatoire de classe A. Cet appareil n'était pas disponible à la station de Cap-Seize en 1969.

ANNEXE II: FIGURES

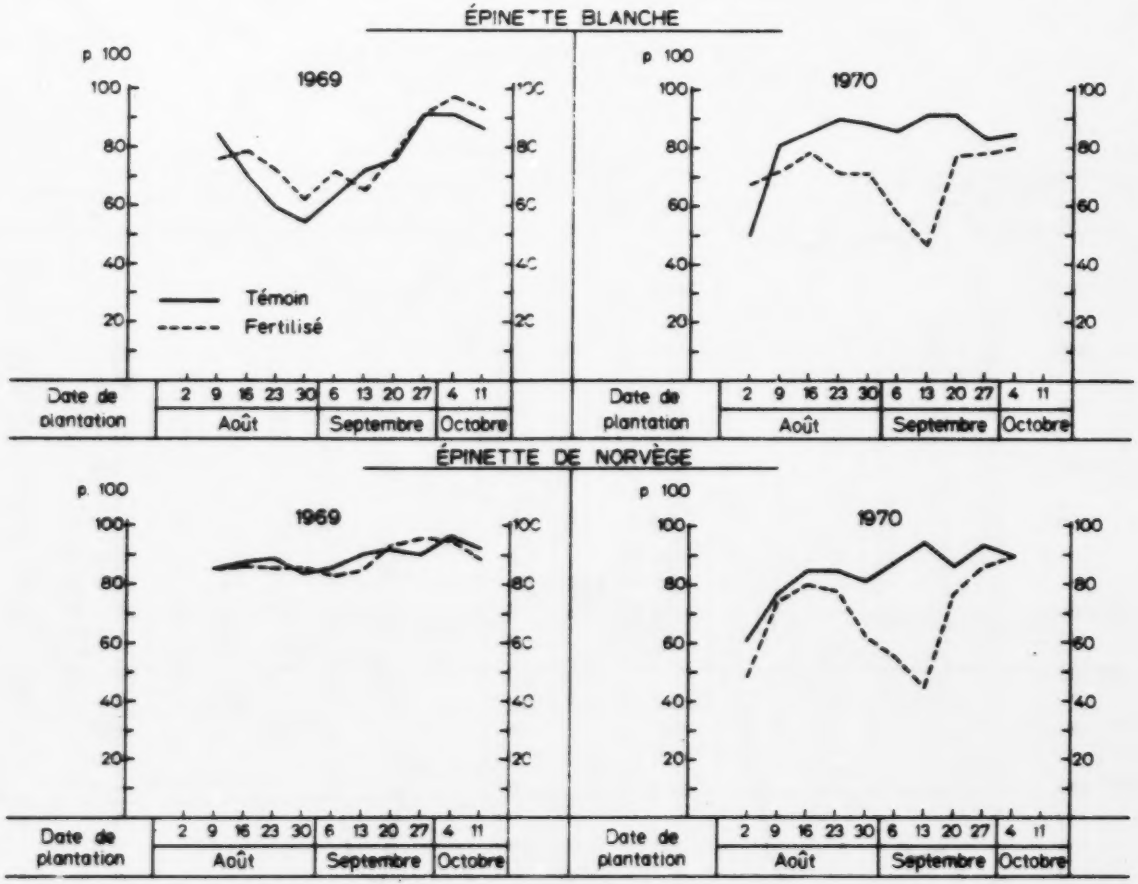


Figure 1

Taux moyens de survie (p. 100) obtenus après 10 ans, pour l'épinette blanche et l'épinette de Norvège

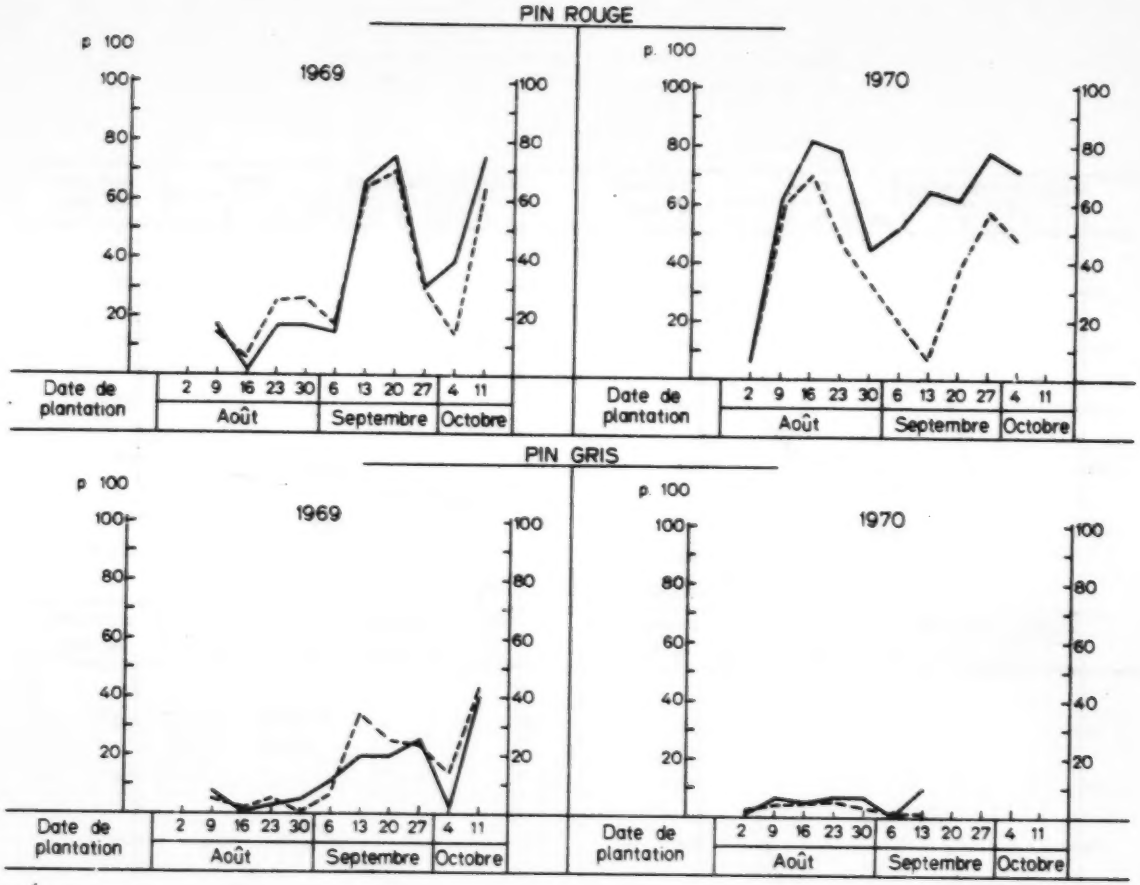


Figure 2

Taux moyens de survie (p. 100) obtenus après 10 ans,
pour le pin rouge et le pin gris

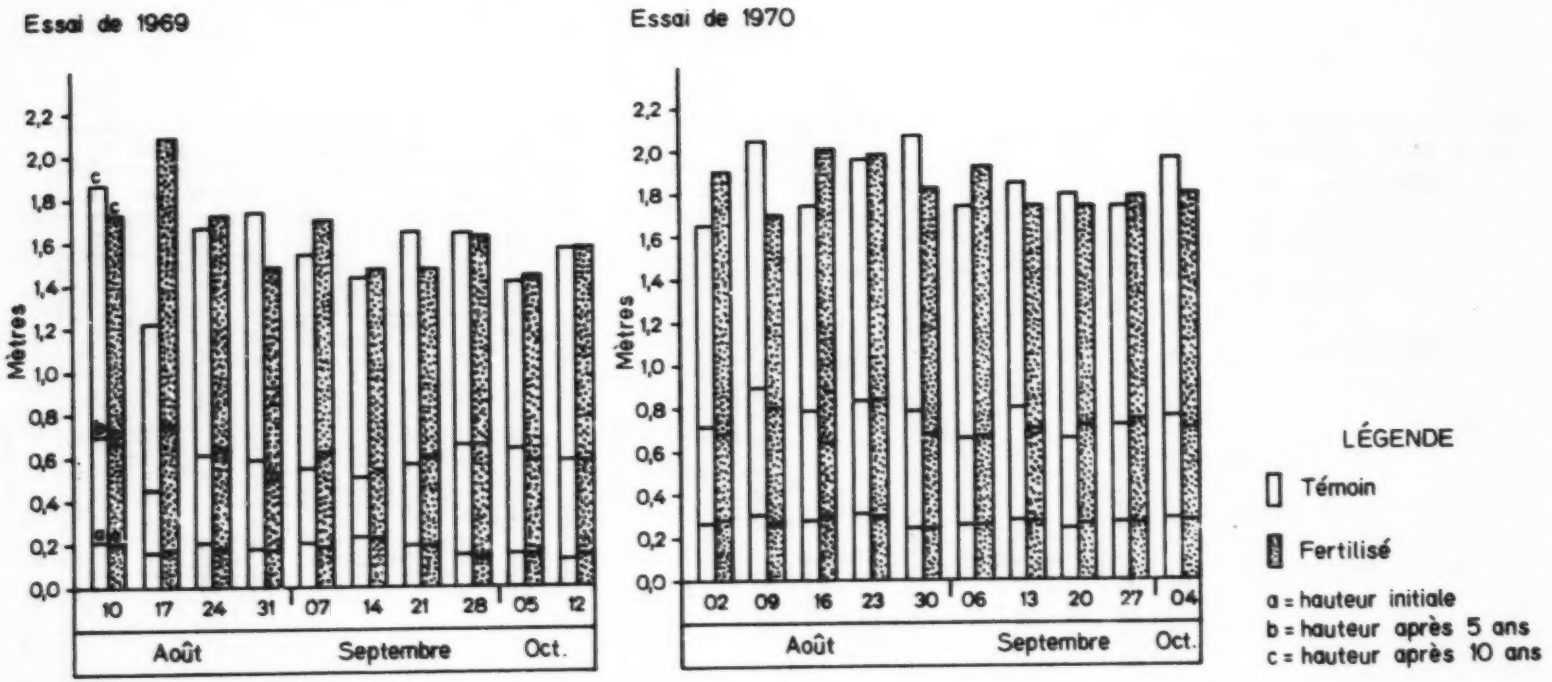


Figure 3

Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour l'épinette blanche

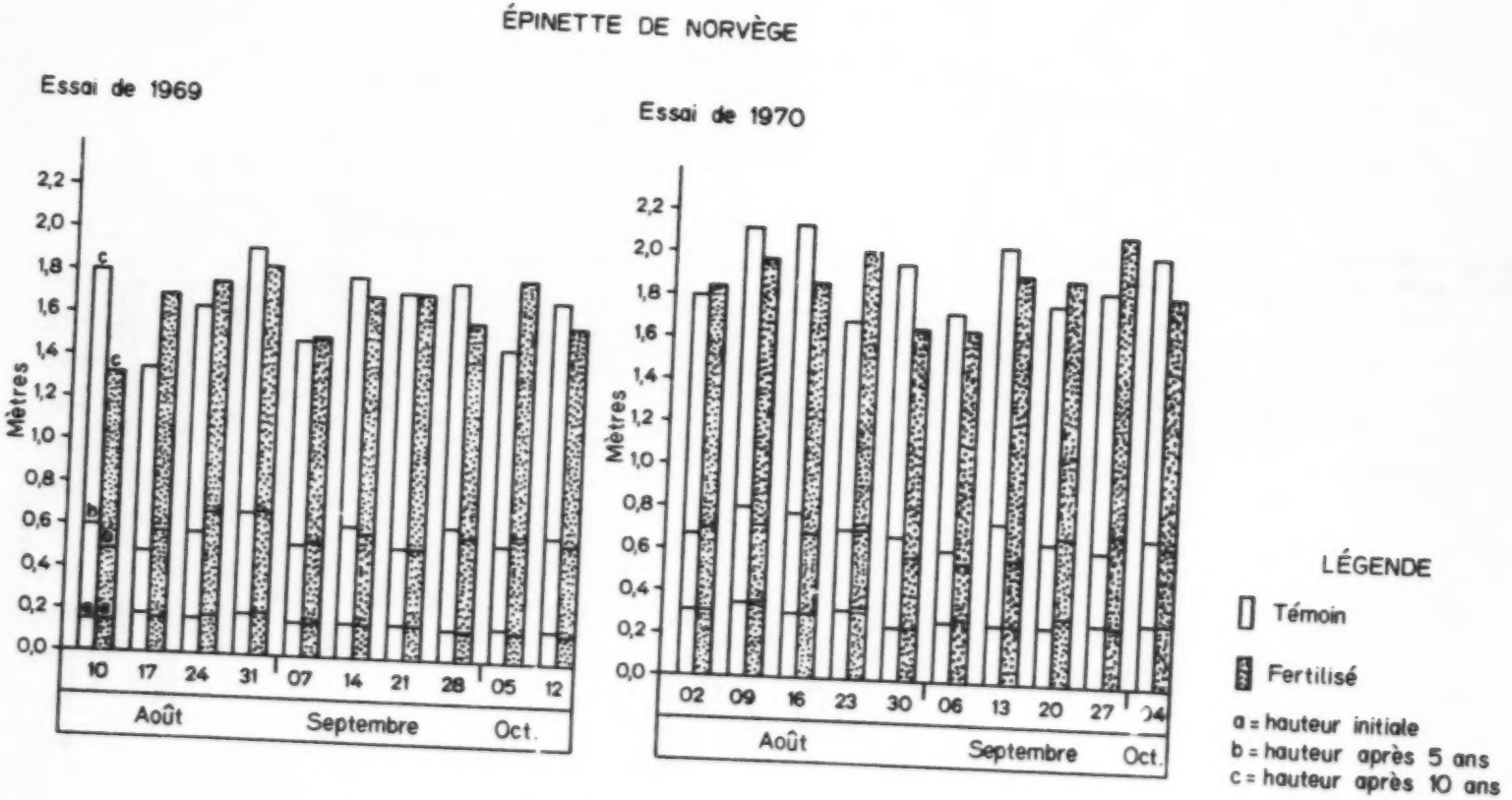


Figure 4

Hauteurs initiale et finale; accroissement quinquennaux en hauteur pour l'épinette de Norvège

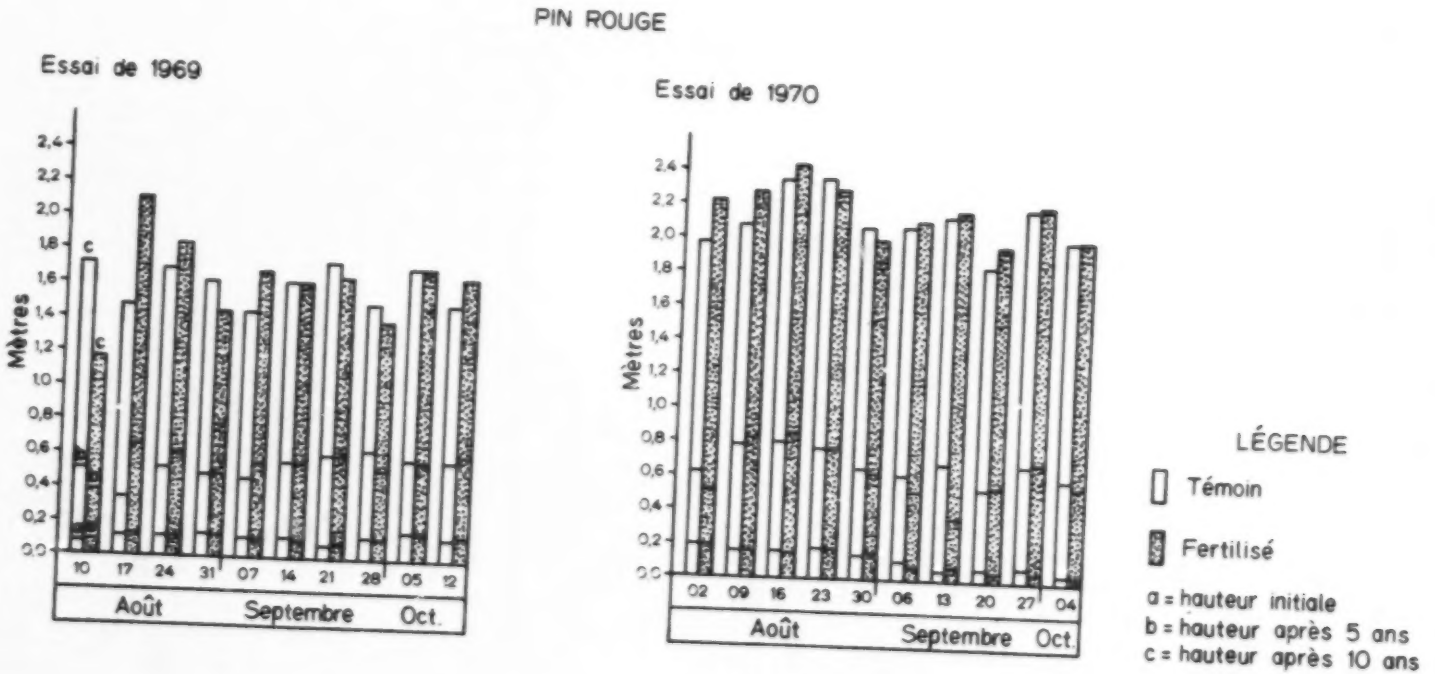


Figure 5

Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour le pin rouge

Impression, février 1984

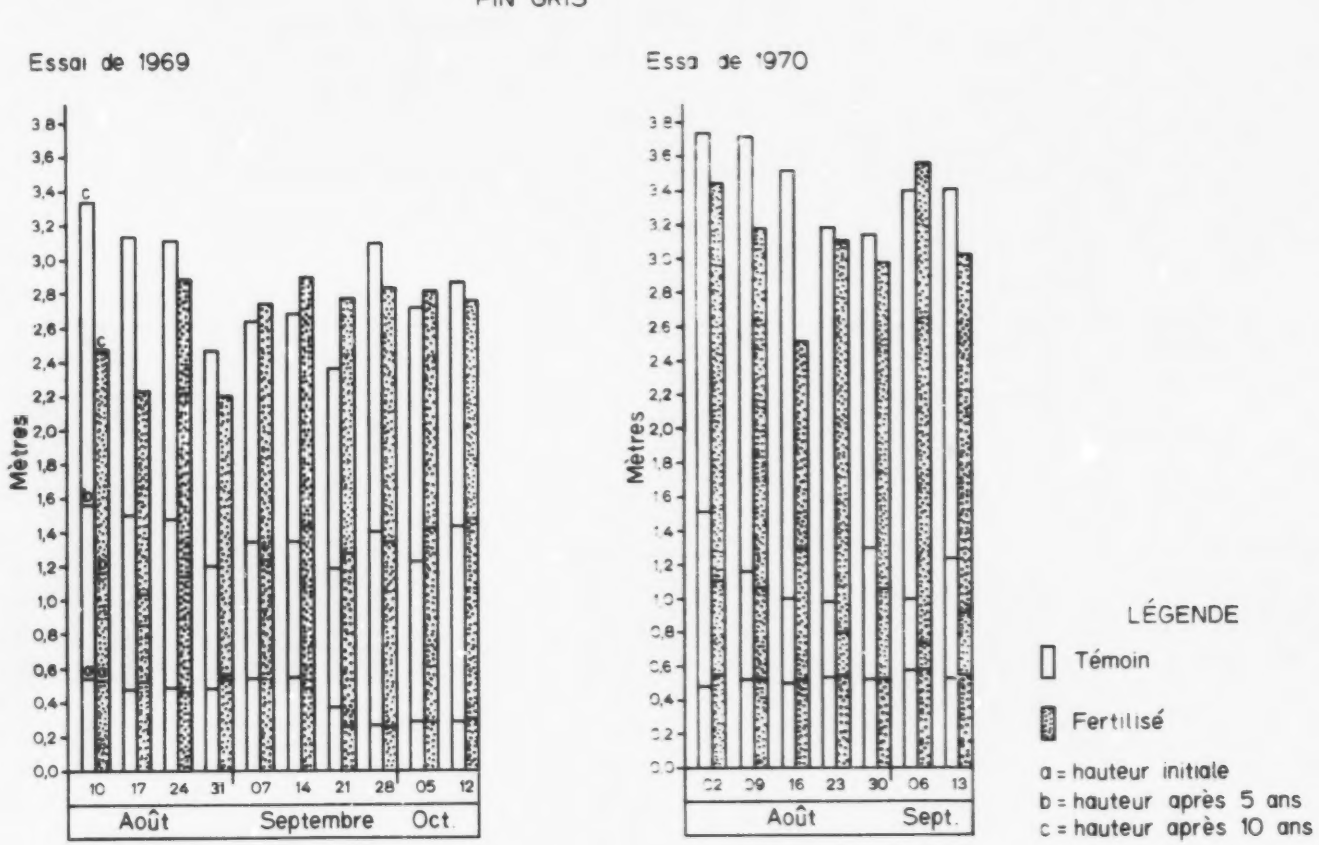


Figure 6

Hauteurs initiale et finale; accroissements quinquennaux en hauteur pour le pin gris

VEILLEUX, Jean-Marc ISBN 2-550-10282-7

1983 *Taux de survie et accroissement en hauteur obtenus après dix ans à la suite d'essais de reboisement d'automne*. Gouv. du Québec, min. de l'Énergie et des Ress., Serv. de la rech. (Ter. et For.), Mémoire n° 84. xiii + 38 p.

La mise en terre conventionnelle de plants d'épinettes blanche et de Norvège est possible à l'automne tandis que celle du pin rouge et du pin gris n'est préférable qu'au printemps. Ces plantations d'automne donnent évidemment un taux de survie et des accroissements en hauteur inférieurs à ceux des plantations de printemps et dans la mesure où la mise en terre a été plus tardive; toutefois, ces diminutions tendent à disparaître 10 ans après la plantation. Plus l'extraction des plants et leur mise en terre sont rapprochées dans le temps, plus leur reprise s'en trouve favorisée. Le tout est fonction des variables climatiques prévalant au moment de la plantation et de la reprise, et de la capacité de chaque espèce à résister aux conditions extrêmement variables du climat à l'automne. L'engrais phosphaté ou potassique n'est pas favorable, au contraire.

O.D.C. 662.2:232.323.4(047.3)(714)
L.C. SD 405 ERI-5310-84

VEILLEUX, Jean-Marc ISBN 2-550-10282-7

1983 *Taux de survie et accroissement en hauteur obtenus après dix ans à la suite d'essais de reboisement d'automne*. Gouv. du Québec, min. de l'Énergie et des Ress., Serv. de la rech. (Ter. et For.), Mémoire n° 84. xiii + 38 p.

La mise en terre conventionnelle de plants d'épinettes blanche et de Norvège est possible à l'automne tandis que celle du pin rouge et du pin gris n'est préférable qu'au printemps. Ces plantations d'automne donnent évidemment un taux de survie et des accroissements en hauteur inférieurs à ceux des plantations de printemps et dans la mesure où la mise en terre a été plus tardive; toutefois, ces diminutions tendent à disparaître 10 ans après la plantation. Plus l'extraction des plants et leur mise en terre sont rapprochées dans le temps, plus leur reprise s'en trouve favorisée. Le tout est fonction des variables climatiques prévalant au moment de la plantation et de la reprise, et de la capacité de chaque espèce à résister aux conditions extrêmement variables du climat à l'automne. L'engrais phosphaté ou potassique n'est pas favorable, au contraire.

O.D.C. 662.2:232.323.4(047.3)(714)
L.C. SD 405 ERI-5310-84

VEILLEUX, Jean-Marc ISBN 2-550-10282-7

1983 *Taux de survie et accroissement en hauteur obtenus après dix ans à la suite d'essais de reboisement d'automne (Survival rate and height increment obtained after ten years in fall reforestation trials)*. Gouv. du Québec, min. de l'Énergie et des Ress., Serv. de la rech. (Ter. et For.), Mémoire No. 84. xiii + 38 p. In French with English abstract.

Conventional planting of white and Norway spruce bare-root seedlings is possible in the fall while, for red and jack pine, spring planting is preferable. But fall planting is evidently inferior in regards to survival and height increment, and the more so as plantation date is later in the season; these differences tend to disappear 10 years after planting. The shorter the period between extracting and planting the better it is for seedling reestablishment. All this depends on climatic conditions prevailing during planting and establishment and also on the species capacity to resist the extremely variable climate in the fall. Phosphorus and potassium fertilizers are of no help, on the contrary.

O.D.C. 662.2:232.323.4(047.3)(714)
L.C. SD 405 ERI-5310-84

Les récents objectifs du ministère de l'Énergie et des Ressources laissent prévoir à court terme une forte augmentation de la production de plants de pépinières pour répondre aux besoins du programme de reboisement envisagé. Afin de relever le défi de reboiser l'immensité des terrains à vocation forestière mal régénérés, il faudra non seulement accroître la main-d'oeuvre qualifiée et la mécanisation, mais développer des techniques qui permettent d'allonger la période affectée au reboisement. A cette fin, des essais fructueux de reboisement d'automne laissent entrevoir la possibilité de combler une partie des besoins non satisfaits par la plantation continue de semis en godets ou celle, plus risquée, de plants à racines nues.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service de la recherche (Terres et Forêts)